

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-243736  
(P2003-243736A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003.8.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 41/08		H 0 1 L 41/08	D 2 C 0 5 7
B 4 1 J 2/045		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A
2/055		H 0 1 L 41/18	1 0 1 C
H 0 1 L 41/09		41/08	L
41/187			

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-41964 (P2002-41964)

(22) 出願日 平成14年2月19日 (2002.2.19)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 角 浩二

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100079108

弁理士 稲葉 良幸 (外2名)

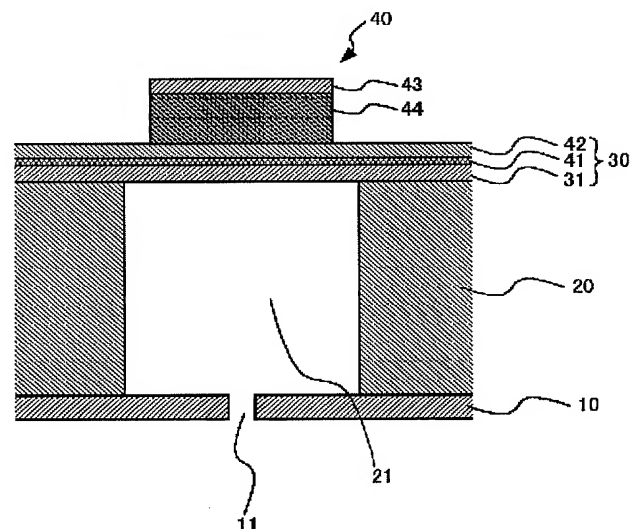
Fターム (参考) 2C057 AF65 AG12 AG39 AG44 AG55  
AP02 AP14 AP23 AP52 AP56  
AP57 AQ02 BA03 BA14

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ、液滴噴射ヘッド、およびそれを用いた液滴噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 下部電極としてルテニウム酸ストロンチウム、圧電体層としてPMN-PTを用いた圧電アクチュエータの提供。

【解決手段】 本圧電アクチュエータは、SiO<sub>2</sub> またはSi (100) 配向または(110) 配向の基層 (31、20)、ルテニウム酸ストロンチウム (SRO) で構成されるバッファ層 (41)、リラクサ系誘電体 (PMN-PT) で構成された (001) 配向で室温で菱面体晶系または疑似立方晶系の圧電体層 (44) を備えている。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 基層と、

前記基層上に形成された、酸化物で構成されるバッファ層と、

ルテニウム酸ストロンチウムを含む電極を前記バッファ層側に備える電極対と、

前記電極対間に形成された、リラクサ系誘電体から構成される圧電体層と、を備えた圧電アクチュエータ。

【請求項 2】 前記圧電体層を構成する前記リラクサ系誘電体は室温で (001) 配向の菱面体晶系または疑似立方晶系の結晶構造を備えている、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 3】 前記リラクサ系誘電体は PMN-PT である、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 4】 前記リラクサ系誘電体は  $PMN_{(1-x)}$  で表した場合の組成比  $x$  が 0.6 から 0.8 までの範囲内である、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 5】 前記ルテニウム酸ストロンチウムを含む電極は (001) 配向を備える、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 6】 前記バッファ層は、酸化ストロンチウム、酸化セリウム、およびイットリウム安定化ジルコニウムからなる群から選ばれる一以上の材料により構成されている、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 7】 前記バッファ層は、(001) 配向の金属酸化物から構成される、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 8】 前記基層は、非晶質の酸化珪素で構成されている請求項 7 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 9】 前記バッファ層は、(110) 配向の金属酸化物から構成される、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 10】 前記基層は、(100) 配向または (110) 配向の珪素から構成される、請求項 9 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 11】 請求項 1 乃至請求 10 の何れか一項に記載の圧電アクチュエータを備えた液滴噴射ヘッド。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の液滴噴射ヘッドを備えた液滴噴射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は強誘電体材料を結晶させて形成された圧電体層を備える圧電アクチュエータに係り、特に、下部電極にルテニウム酸ストロンチウムを、圧電体層に PMN-PT、を備えた圧電アクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 圧電アクチュエータは、電気機械変換機能を呈する圧電体層を 2 つの電極で挟んで構成されてい

る。圧電体層の材料としては、電歪セラミックス、圧電セラミックスが知られている。圧電アクチュエータの特性改善のために、圧電体層を形成するセラミックス材料と、圧電体層を結晶成長させる下地となる下部電極材料と、の両面から研究が進められてきた。

【0003】 圧電セラミックスとしては、ペロブスカイト型結晶構造を有し化学式  $ABO_3$  で示すことのできる複合酸化物が知られ、例えば A には鉛 (Pb)、B にジルコニウム (Zr) とチタン (Ti) の混合を適用したチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) が有名である。PZT の他には、鉛を使用しないという利点があり変位量が大きく原料が安価であり使用実績が多いチタン酸バリウム ( $BaTiO_3$ ) が存在する。

【0004】 また、大きな電気機械結合定数と圧電定数とを持ち、PZT 系セラミックスに代わる材料として、リラクサ系強誘電体材料が注目されている。リラクサ系強誘電体材料としては、例えば、PMN-PT ( $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ ) や PZN-PT ( $Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ ) が有力な材料として挙げられる。

【0005】 電極材料としては、伝統的に Pt 等の金属材料が用いられてきたが、近年、ルテニウム酸ストロンチウム ( $SrRuO_3$  等) が注目されている。この理由は、ルテニウム酸ストロンチウムが PZT 系の圧電体層と同様なペロブスカイト結晶構造を備えているため、界面での接合性に優れ PZT 等のエピタキシャル成長を実現しやすいからである。またこの材料は圧電体層中の Pb の拡散を防止するバリア層としての特性にも優れている。

【0006】 PZT からなる圧電体層とルテニウム酸ストロンチウムからなる電極とを組み合わせることで、好適な特性を有する圧電アクチュエータを提供することができる。例えば、特開 2001-122698 号公報には、ルテニウム酸ストロンチウムからなる下部電極上に PZT からなる圧電体層を形成する場合における、バッファ層を用いた複合電極構造について開示している。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ルテニウム酸ストロンチウム等の金属酸化物電極は、直接接する圧電体層の強誘電体材料と格子定数が適合していること、およびシリコン基板および圧電体層との密着性がよいことが望まれる。バッファ層の材料と圧電体層の強誘電体材料とを任意に組み合わせて用いるわけにいかない。具体的には、強誘電体材料の格子定数に適合するように下部電極のルテニウム酸ストロンチウム等の酸化物の結晶状態を制御し同時にシリコン基板や下部電極との密着性を確保する化学的性質を満たしていなければならない。

【0008】 従来実験されているのは、PZT を圧電体層の材料として用いた場合の金属酸化物電極の構造であ

り、PZT以外の強誘電体材料を用いた場合に、金属酸化物電極としてどのような層構造や結晶状態が必要であるかは不明であった。特に優れた圧電体特性を有するPMN-PTやPZN-PTなどのリラクサ系強誘電体材料、環境保護の観点から好適なチタン酸バリウムなどを金属酸化物電極とともに用いた場合には、好適な圧電アクチュエータが提供できると予想できる。

【0009】本発明は、特に、下部電極にルテニウム酸ストロンチウム等の金属酸化物を用い、圧電体層を形成する強誘電体材料にPMN-PTを用いた場合における圧電アクチュエータを提供することを目的とする。そして、この圧電アクチュエータを備えた液滴噴射ヘッドを提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による圧電アクチュエータは、基層と、基層上に形成された、酸化物で構成されるバッファ層と、ルテニウム酸ストロンチウムを含む電極をバッファ層側に備える電極対と、電極対間に形成された、リラクサ系誘電体から構成される圧電体層と、を備えている。

【0011】酸化物の存在により、ルテニウム酸ストロンチウムを含む電極を(001)配向に配向制御することができ、(001)配向に制御されたルテニウム酸ストロンチウム上にはペロブスカイト結晶構造のリラクサ系誘電体から構成される圧電体層をエピタキシャル成長させることができるからである。

【0012】このとき、リラクサ系誘電体は室温で(001)配向の菱面体晶系または疑似立方晶系の結晶構造を備えている。このリラクサ系誘電体としては、PMN-PTが挙げられる。

【0013】具体的には、リラクサ系誘電体はPMN<sub>1-x</sub>PT<sub>x</sub>で表した場合の組成比xが0.6から0.8までの範囲内である。

【0014】バッファ層は、例えば、酸化ストロンチウム、酸化セリウム、イットリウム安定化ジルコニウム(YSZ)からなる群から選ばれる一以上の材料が挙げられる。

【0015】より具体的には、バッファ層としては(100)配向の金属酸化物が好適である。このとき、基層は非晶質の酸化珪素で構成されている。

【0016】またはこのようなバッファ層としては、(110)配向の金属酸化物でもよい。この場合の金属酸化物としては、例えば、酸化ストロンチウムが挙げられる。このとき、基層は(100)配向または(110)配向の珪素から構成される。

【0017】本発明は、上記したような構成の圧電アクチュエータを備えた液滴噴射ヘッドでもある。また、本発明は、このような液滴噴射ヘッドを備えたプリンタでもある。

【0018】本発明の圧電アクチュエータは、基層との

密着性を確保しながら電気機械変換特性および圧電特性に優れた材料で圧電体層を形成することができるため、耐久性に優れておりインクの吐出性能に優れたヘッドとプリンタを提供できるのである。

【0019】なお、本発明の圧電アクチュエータは、液滴噴射ヘッドに備えられ、印刷用途のインクジェット式記録ヘッドとして、またはプリンタとしてのみならず、表示装置製造や基板印刷のために工業材料を吐出させるための液滴噴射ヘッド、およびそれを用いた装置にも適用可能である。また当該圧電アクチュエータの層構造は、誘電体メモリ、強誘電体キャパシタ、不揮発性半導体記憶装置、薄膜コンデンサ、パイロ電気検出器、センサ、表面弾性波光学導波管、光学記憶装置、空間光変調器、ダイオードレーザ用周波数二倍器等のような強誘電体装置、誘電体装置、パイロ電気装置、圧電装置、および電気光学装置に適用することができる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】次に本発明の好適な実施の形態を、図面を参照して説明する。

(実施形態1) 本発明の実施形態1は、下部電極に金属酸化物、圧電体層にリラクサ系強誘電体材料を用いた場合の圧電アクチュエータに関する。本実施形態は、例えばインクジェット式記録ヘッドに適用するために適した圧電アクチュエータである。

【0021】図1に、実施形態1の圧電アクチュエータおよびそれを備えるインクジェット式記録ヘッドの層構造を説明する部分断面図を示す。図1は、一つのインク吐出要素を拡大して示したものである。

【0022】図1に示すように、圧電アクチュエータ40は、絶縁膜31上に、バッファ層41、下部電極42、圧電体層44および上部電極43を積層して構成されている。インクジェット式記録ヘッドに関する構成要素として、インクを溜める圧力室21が形成されている。圧力室基板20、インク液滴を吐出するノズル11を備えるノズルプレート10、および圧力室21に溜められたインクに圧力を加えるために圧電アクチュエータ40の変位に応じて振動可能に構成された前記絶縁膜31を備えている(図5参照)。本実施形態では、絶縁膜31のほぼ全面にバッファ層41および下部電極42を重ねて形成してあるので、絶縁膜31、バッファ層41、および下部電極42の全体が振動板30として機能するようになっている。

【0023】圧力室基板20は、必要とされる機械的強度および化学的耐性を備えた加工しやすい材料、例えばシリコンで構成される。その厚みはヘッドの仕様に依りて定められるが、シリコン単結晶基板(ウェハ)を利用する場合にはその基板の厚みとなる。インクジェット式記録ヘッドの場合、求められる解像度に応じて圧力室21の寸法が定められている。圧力室基板20は、例えば(100)配向または(110)配向を備えている。

【0024】なお、インクジェット式記録ヘッド以外に本圧電アクチュエータを適用する場合等で絶縁膜31を設ける必要がない場合には、この圧力室基板20を本発明の基層として作用させることができる。

【0025】絶縁膜31は、インクジェット式記録ヘッドの振動板として機能可能な弾性と機械的強度を備えた導電性のない材料、例えば非晶質の酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )若しくは酸化ジルコニウム( $\text{ZrO}_2$ )、又は酸化珪素と酸化ジルコニウムの積層体により構成される。当実施形態ではこの絶縁膜が本発明の基層となっている。

【0026】バッファ層41は、金属酸化物、例えば、酸化ストロンチウム、酸化セリウム等により構成される。バッファ層はこれら金属酸化物と他の層、例えばイットリア安定化ジルコニウム( $\text{YSZ}$ )との積層構造を備えていてもよい。バッファ層の配向性としては、基層として非晶質の絶縁膜31を設ける場合には(100)配向にし、(001)配向の下部電極41をエピタキシャル結晶成長させやすいようにする。なお、絶縁膜を用いず、基層として(100)配向または(110)配向のシリコン基板を直接適用する場合には、バッファ層は(110)配向になり、シリコン基板との密着性を確保しながら(001)配向の下部電極を結晶成長させることを可能にする。

【0027】なお、図2に示すように振動板を絶縁膜31だけで形成する場合、下部電極の形成領域より狭い領域にバッファ層41bをパターン形成し、それを覆うように下部電極42bを形成することが望ましい。こうすることにより潮解性を有する酸化ストロンチウムを外気に触れないようにすることができる。

【0028】下部電極42は、圧電体層44を挟む電極対の一方の電極であり、圧力室基板20上に形成される複数の圧電アクチュエータ40に共通な電極として機能するように絶縁膜31と同じ領域に形成される。ただし、図2に示すように圧電体層43と同様の大きさに、すなわち上部電極と同じ形状に形成することも可能である。下部電極42は、導電性金属酸化物、具体的にはルテニウム酸ストロンチウムにより( $\text{SRO}$ )構成される。この下部電極のルテニウム酸ストロンチウムは(001)配向になっている。下部電極42を二層の $\text{SRO}$ 間にイリジウム又は白金の層を挟み込んだ構造としても良い。ここで $\text{SRO}$ は、ペロブスカイト構造をとり、 $\text{Sr}_{n+1}\text{Ru}_n\text{O}_{3n+1}$  ( $n$ は1以上の整数)で表される。 $n=1$ のとき $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ となり、 $n=2$ のとき $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ となり、 $n=\infty$ のとき $\text{SrRuO}_3$ となる。本実施形態における下部電極として $\text{SRO}$ を用いるときは、導電性及び圧電体層の結晶性を高めるため、組成として $\text{SrRuO}_3$ が好ましい。また、前述のように2層の $\text{SRO}$ 間にイリジウム又は白金の層を挟み込んだ構造とする場合には、圧電体層側の $\text{SRO}$

を、 $\text{SrRuO}_3$ とすることが好ましい。

【0029】圧電体層44は、ペロブスカイト型結晶構造を持つ圧電セラミックスであり、下部電極42上に所定の形状で形成されている。圧電体層44の組成は、リラクサ系誘電体である。リラクサ系強誘電体材料としては、例えば、 $\text{PMN-PT}$  ( $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-\text{PbTiO}_3$ )である。各元素の組成比は厳密なものではなく、本来の特性が失われない限り若干のずれがあってもよい。例えば、 $\text{PMN-PT}$ の組成を $\text{PMN}_x-\text{PT}_{(1-x)}$ で表した場合、組成比 $x$ が0.6から0.8までの範囲内にあるように組成制御をして圧電体層を構成することが好ましい。リラクサ系誘電体は室温で(001)配向の菱面体晶系または疑似立方晶系の結晶構造を備えている。(001)配向の金属酸化物から構成される下部電極上には、このように(001)配向の菱面体晶系または疑似立方晶系の結晶構造を備えたリラクサ系誘電体の結晶を成長させることができる。

【0030】上部電極43は、圧電体層44に電圧を印加する電極対の他方の電極となり、導電性を有する材料、例えば白金( $\text{Pt}$ )、イリジウム( $\text{Ir}$ )、アルミニウム( $\text{Al}$ )等で構成されている。アルミニウムを用いる場合、電蝕対策のため更にイリジウム等を積層することが好ましい。

【0031】図3および図4の製造工程断面図を参照しながら、本実施形態の圧電アクチュエータおよびインクジェット式記録ヘッドの製造工程を説明する。

【0032】基板及び絶縁膜の形成工程では、図3(ST1)に示すように、圧力室基板20に振動板としての絶縁膜31を成膜する。圧力室基板20として、例えば、直径100mm、厚さ200 $\mu\text{m}$ の(110)配向シリコン単結晶基板を用いる。絶縁膜31は、シリコン基板の表面を熱酸化して形成する。例えば、1100 $^{\circ}\text{C}$ 程度の炉の中で、乾燥酸素を流して22時間程度熱酸化させることで、厚さ2 $\mu\text{m}$ 以下、好ましくは約1 $\mu\text{m}$ の膜厚の非晶質熱酸化膜が形成される。この方法では $\text{SiO}_2$ からなる絶縁膜31がシリコン基板の両面に形成される。そのうち一方の絶縁膜31が振動板として使用される。

【0033】なお、熱酸化法による他、CVD法等の成膜法を適宜選択して成膜してもよい。また絶縁膜31は、二酸化珪素に限られず、酸化ジルコニウム、または、酸化ジルコニウムと二酸化珪素との積層膜により形成されていてもよい。

【0034】バッファ層の形成工程では、図3(ST2)に示すように、絶縁膜31上に酸化ストロンチウム( $\text{SRO}$ )からなるバッファ層41を、例えばRFスパッタ法により形成する。 $\text{SRO}$ から構成されるバッファ層は、界面の密着性を確保するためおよび潮解性を有しているため膜厚が薄いことが好ましく、例えば30nm

またはそれ以下の厚みとする。バッファ層41はスパッタ法に限らず、レーザアブレーション法、PVD法(物理的蒸着法)などによって形成してもよい。この工程により(001)に面内配向(二軸配向)したSrO膜が形成される。

【0035】なお、絶縁膜を使用せず(100)配向または(110)配向のシリコン基板上に直接バッファ層を形成する場合には、バッファ層のSrOは(110)配向になる。

【0036】絶縁膜31全面にバッファ層を形成した後、図3(ST2)に示すように、バッファ層41の周囲を異方性エッチング等により選択的にエッチングする。これによりバッファ層41は、後に下部電極が形成された場合に絶縁膜31と下部電極42に全体を覆われた構造となる。バッファ層が潮解性を有する材料である場合には、この密封構造により空気を遮断することができる。

【0037】なお、圧電アクチュエータを図2に示すような層構造で作成するためには、各圧電体層の形状より若干小さな面積となるように、全面形成されたバッファ層をパターンニングする。

【0038】下部電極の形成工程では、図3(ST3)に示すように、バッファ層41の上に下部電極42を成膜する。下部電極42として上述のSrOを所定の厚さ、例えば約500nmに成膜する。成膜方法としては例えばレーザアブレーション法を用いる。またこれに限らず、MOCVD法など公知の薄膜作製法をとってもよい。

【0039】圧電体層の形成工程では、図3(ST4)に示すように、下部電極42上に、圧電体層44を成膜する。本実施形態では、リラクサ系強誘電体材料、特にPMN-PTを公知の成膜法、例えばゾ塗布熱分解法(MOD法)で成膜する。

【0040】例えばMOD法を適用する具体例としては、まず有機金属アルコキシド溶液からなるゾルをスピンコート等の塗布法にて下部電極42上に塗布する。PMN-PTを形成するなら $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ と $PbTiO_3$ との二元固溶体を利用する。次いで塗布したゾルを一定温度で一定時間乾燥させ、溶媒を蒸発させる。ゾルの乾燥後、さらに大気雰囲気下において所定の高温で一定時間脱脂し、金属に配位している有機の配位子を熱分解させて金属酸化物とする。この塗布→乾燥→脱脂の各工程を所定回数繰り返して複数層の圧電体前駆体膜を積層する。これらの乾燥と脱脂処理により溶液中の金属アルコキシドと酢酸塩とは配位子の熱分解を経て金属-酸素-金属のネットワークを形成する。次いでこの圧電体前駆体膜を所定の温度で焼成し結晶化させる。この熱処理により、アモルファス状態の前駆体からリラクサ系強誘電体のペロブスカイト結晶構造が、下部電極の結晶構造の影響を受けながら結

晶成長する。

【0041】なお、本実施形態ではMOD法で圧電体層を形成したが、他の方法で形成してもよい。例えば、ゾル・ゲル法や、特開平8-316098号に記載されているようなスパッタリング法により圧電体層を形成してもよい。

【0042】本実施形態では(001)配向のSRO上でリラクサ系強誘電体材料をエピタキシャル成長させるため、圧電体層44は室温で(001)配向の菱面体晶系の結晶構造を備えている。圧電体薄膜層の厚みはクラックが発生しない程度で所望の特性が得られる厚みとする。

【0043】上部電極の形成工程は、図3(ST5)に示すように、圧電体層44上に上部電極43を形成する工程である。具体的には、導電性を有する材料、例えば白金(Pt)、イリジウム(Ir)、アルミニウム(Al)等をスパッタ法で成膜する。アルミニウムを用いる場合には合、電蝕対策のため更にイリジウム等を積層することが好ましい。上部電極は、例えば100nmの膜厚に成膜する。

【0044】上記の各工程によって、圧電アクチュエータの層構造が形成される。下部電極41と上部電極43との間に所定の電圧を印加することで両電極間に電界が生じ、この電極により圧電体層44中の結晶構造が圧電定数に応じたひずみを生ずる。これが全体として圧電アクチュエータの体積変化となる。

【0045】当該圧電アクチュエータは、応用する装置の仕様に応じて適する形状に加工して使用する。その用途に限定はないが、例えば後述する実施形態におけるインクジェット式記録ヘッドである。

【0046】本実施形態によれば、圧電特性に優れたPMN-PTのリラクサ系強誘電体材料とする圧電体層と、当該圧電体層や基層との密着性に優れたルテニウム酸ストロンチウムを使用した電極と、を組み合わせたので、圧電体特性および耐久性が共に優れた圧電アクチュエータを提供することができる。

【0047】

【実施例1】本実施形態1に基づいて圧電アクチュエータを製造した。本実施例では、バッファ層に酸化ストロンチウム、酸化セリウム、およびイットリア安定化ジルコニアの積層構造、下部電極に(001)配向の酸化ストロンチウムを形成し、その上にPMN<sub>0.7</sub>-PT<sub>0.3</sub>のリラクサ系誘電体材料で圧電体層を結晶成長させたものを製造した。バッファ層の膜厚は100nmであり、下部電極の膜厚は200nmであり、圧電体層の膜厚は1000nmであった。

【0048】図7に、実施例の圧電アクチュエータの配向性を調べるために、X線回折分析を実施した結果のXRDパターン図を示す。圧電体層は21.8°付近に(001)配向のピークおよび31°付近に(110)

10

20

30

40

50

配向のピークを有している。図 7 に示すように、(110) 配向は (001) 配向の 5% 未満であり、実質的に PMN-PT からなる圧電体層は (001) 配向が優勢に現れていることが判った。

【0049】図 8 (a) および (b) に、本実施例の圧電アクチュエータの層構造を調べるために電子顕微鏡でその断面を撮影した SEM 写真を示す。図 8 (b) は図 8 (a) の部分拡大図である。図 8 に示すように、本実施例の圧電アクチュエータでは酸化ストロンチウムの下部電極上で PMN-PT の柱状結晶が成長していることが確認できた。このような柱状結晶で構成されている圧電体層は圧電特性を示すのである。

【0050】図 9 に、Pt で形成した下部電極上に PZn-PT の誘電体材料を使用して結晶成長させた比較例を示す。図 9 は膜厚  $\mu\text{m}$  の結晶膜を作製したものである。図 9 に示すように、従来用いられた材料として下部電極に Pt を用いて結晶成長を試みた場合には、PZn-PT の結晶が小粒径の結晶粒からなり図 8

(a) や (b) に示すような柱状結晶になっていない。柱状に結晶が成長しないと好適な圧電特性が期待できないため従来の Pt 電極上にリラクサ系誘電体の圧電体層を形成しても圧電アクチュエータにならないことが解る。

【0051】(実施形態 2) 本発明の実施形態 2 は、本発明の圧電アクチュエータを適用したインクジェット式記録ヘッドに関する。

【0052】図 5 に、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図を示す。図 5 に示すように、本インクジェット式記録ヘッド 1 は、圧力室基板 (シリコン基板) 20、その一方の面に固定され、背面 (図示されない面) に本発明の圧電アクチュエータ 40 (図 5 に図示せず) が形成されている振動板 30、および圧力室基板 20 の他方の面に固定されたノズルプレート 10 を備えて構成され、オンデマンド形のピエゾジェット式ヘッドとして構成されている。本実施形態で使用する圧電アクチュエータ 40 としては、実施形態 1 で説明したリラクサ系強誘電体材料で圧電体層を形成したもの、または、実施形態 2 で説明したようなチタン酸バリウムで圧電体層を形成したものが、共に使用可能である。

【0053】圧力室基板 20 は、圧力室 (キャビティ、圧力室) 21、側壁 (隔壁) 22、リザーバ 23 および供給口 24 を備えている。圧力室 21 は、吐出されるべきインクを貯蔵する空間となっている。側壁 22 は複数の圧力室 21 の間を仕切るよう形成されている。リザーバ 23 は、インクを共通して各圧力室 21 に補充するためのインクの一時的貯蔵部となっている。供給口 24 は、リザーバ 23 から各圧力室 21 にインクを導入する供給口として形成されている。

【0054】ノズルプレート 10 は、圧力室基板 20 に設けられた圧力室 21 の各々に対応する位置にノズル 1

1 が設けられており、各ノズルが圧力室 21 に対応する位置関係で圧力室基板 20 に貼り合わせられている。ノズルプレート 10 を貼り合わせた圧力室基板 20 は筐体 25 に納められ、図示しない供給経路によって外部のインクタンクからインクを圧力室基板内部に導入可能に構成されている。

【0055】振動板 30 には、図 1 や図 3 (ST8) に示すように、本発明の圧電アクチュエータ 40 が圧力室 21 に対応する位置に設けられ、図示しないが下部電極と上部電極との間に共通にあるいは別々に電圧を印加することが可能なように配線されている。振動板 30 には、インクタンク (図示せず) が設けられて、図示しないインクタンクに貯蔵されているインクをリザーバ 23 に供給可能になっている。

【0056】上記インクジェット式記録ヘッド 1 の構成における作用を説明する。

【0057】所定の吐出信号が出力されておらず各圧電アクチュエータ 40 の下部電極 42 と上部電極 43 との間に電圧が印加されていない場合、その圧電アクチュエータ 40 における両電極間には電界が生じないので圧電体層 44 には変形を生じない。そのため吐出信号が供給されていない圧電アクチュエータ 40 が設けられている圧力室 21 には圧力変化が生じず、そのノズル 11 からインクの液滴は吐出されない。

【0058】一方、所定の吐出信号が出力され圧電アクチュエータ 40 の下部電極 42 と上部電極 43 との間に一定電圧が印加された場合、その圧電アクチュエータ 40 における両電極間には電界が生じているので、圧電体層 44 に変形を生じる。そして吐出信号が供給された圧電アクチュエータ 40 が設けられている圧力室 21 ではその振動板 30 が大きくたわむ。このため圧力室 21 内の圧力が瞬間的に高まり、ノズル 11 からインクの液滴が吐出される。すなわち、印刷させたい位置の圧電アクチュエータに吐出信号を個別に供給することで、任意の文字や図形を印刷させることができる。

【0059】次にこのようなインクジェット式記録ヘッドの製造方法を、図 4 の製造工程断面図を参照して説明する。この断面図は、図 3 を参照しながら実施形態 1 で説明した圧電アクチュエータの製造工程に引き続くものである。

【0060】圧電アクチュエータとしての層構造を形成後 (図 3 (ST5) 参照)、図 4 (ST6) に示すように、圧電体層 44 及び上部電極 43 を所定形状にエッチングして個々の圧電アクチュエータ 40 を形成する。エッチングには、例えばフォトリソグラフィ法を適用する。まず上部電極 43 上にレジストをスピコートした後、圧力室が形成されるべき位置に合わせて露光・現像してパターンニングする。不要なレジストを洗浄した後に残ったレジストをマスクとして上部電極 43、圧電体層 44 をイオンミリング等の公知の方法でエッチングす



る。以上の工程により、圧電アクチュエータ 40 が形成される。

【0061】次に、図 4 (ST7) に示すように、圧力室基板 20 をエッチングして圧力室 21 を形成する。本実施形態では圧力室基板 20 として (100) 配向または (110) 配向のシリコン基板を用いているので、圧力室 21 の形成方法としては異方性エッチングを用いる。エッチングされずに残った部分が個々のユニットを隔てる側壁 22 となる。

【0062】最後に、図 4 (ST8) に示すように、樹脂等を用いてノズルプレート 10 を圧力室基板 20 に接合する。ノズルプレート 10 を圧力室基板 20 に接合する際には、ノズル 11 が圧力室 21 の各々の空間に対応して配置されるよう位置合せする。以上の工程により、インクジェット式記録ヘッドが形成される。

【0063】本発明によれば、圧電特性に優れた PMN-PT のリラクサ系強誘電体材料を圧電アクチュエータが使用している場合には、吐出特性および耐久性が共に優れたインクジェット式記録ヘッドを提供することができる。

【0064】(実施形態 3) 本発明の実施形態 3 は、実施形態 2 のインクジェット式記録ヘッドを利用したプリンタに関する。

【0065】図 6 は、本発明の圧電アクチュエータを備えたインクジェットプリンタの構造を説明する斜視図である。本インクジェットプリンタは、図 6 に示すように、インクジェット式記録ヘッド 1、本体 2、トレイ 3、排出口 4、給紙機構 6、ヘッド駆動機構 7、制御回路 8、操作パネル 9 を備えて構成されている。

【0066】インクジェット式記録ヘッド 1 としては、例えば実施形態 3 で説明したような構造のものを使用可能であるが、ピエゾジェット式ヘッドであれば、他の構造を備えていてもよい。具体的にインクジェット式記録ヘッド 1 は、イエロー、マゼンダ、シアン、ブラックの計 4 色のインクカートリッジに対応してそれぞれのヘッドが設けられており、フルカラー印刷が可能のように構成されている。

【0067】給紙機構 6 は、モータ 600、ローラ 601 および 602 を備え、制御回路 8 からの制御信号に応じてトレイ 3 に載置された用紙 5 を本体 2 内部に導入できるようにになっている。

【0068】ヘッド駆動機構 7 は、モータおよび図示しない機構要素を備え、制御回路 8 からの制御信号に応じて、供給された用紙 5 の位置に対応させてヘッド 1 を図面矢印方向に適宜移動させ制御回路 8 から供給される吐出信号に対応させたタイミングでヘッド 1 から対応する色のインクを吐出させることが可能に構成されている。

【0069】排出口 4 からは、給紙機構 6 により供給されヘッド駆動機構 7 により印字が施された用紙 5 が排出

されるようになっている。

【0070】本発明によれば、圧電特性に優れた PMN-PT のリラクサ系強誘電体材料によりヘッドの圧電アクチュエータが採用している場合には、吐出特性および耐久性が共に優れたプリンタを提供することができる。

#### 【0071】

【発明の効果】本発明によれば、圧電特性に優れたリラクサ系強誘電体である PMN-PT を材料とする圧電体層と、当該圧電体層や基層との密着性に優れるルテニウム酸ストロンチウムを使用した電極と、を組み合わせたので、圧電体特性および耐久性が共に優れた圧電アクチュエータを提供することができる。さらにこの圧電アクチュエータを備えた圧電特性と耐久性に優れる液滴噴射ヘッドおよびそれを用いた液滴噴射装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態 1 に係る圧電アクチュエータの層構造を説明する断面図である。

【図 2】実施形態 1 の変形例に係る圧電アクチュエータの層構造を説明する断面図である。

【図 3】実施形態 1 の圧電アクチュエータの製造方法を説明する製造工程断面図である。

【図 4】実施形態 2 のインクジェット式記録ヘッドの製造方法を説明する製造工程断面図である。

【図 5】実施形態 2 のインクジェット式記録ヘッドの構造を説明する分解斜視図である。

【図 6】実施形態 3 のプリンタの構造を説明する斜視図である。

【図 7】実施例の圧電アクチュエータにおける X 線回折分析に係る XRD パターン図である。

【図 8】実施例の圧電アクチュエータの層構造を示す断面 SEM 写真であり (a) が全体図、(b) がその一部の拡大図である。

【図 9】比較例の Pt 電極上に PMN-PT からなる圧電体層の形成を試みた場合の層構造を示す断面 SEM 写真である。

#### 【符号の説明】

1…インクジェット式記録ヘッド

20…圧力室基板 (シリコン基板)

30…振動板

31…絶縁膜

32…バッファ層 (酸化ストロンチウム、酸化セリウム、またはイットリア安定化ジルコニウム (YSZ))

42…下部電極 (ルテニウム酸ストロンチウム)

44…圧電体層 (PMN-PT)

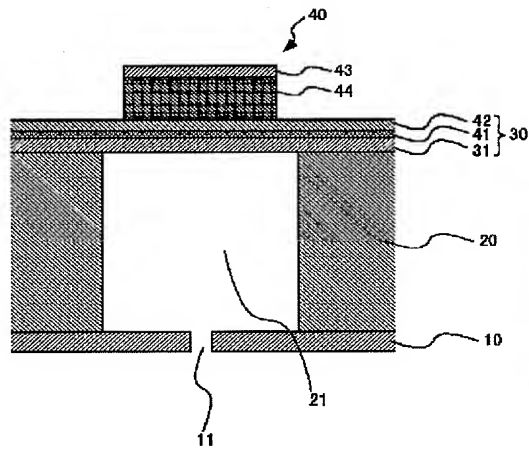
43…上部電極

21…圧力室

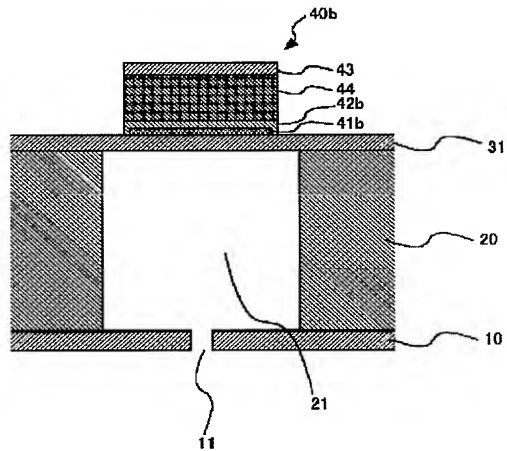
10…ノズルプレート

11…ノズル

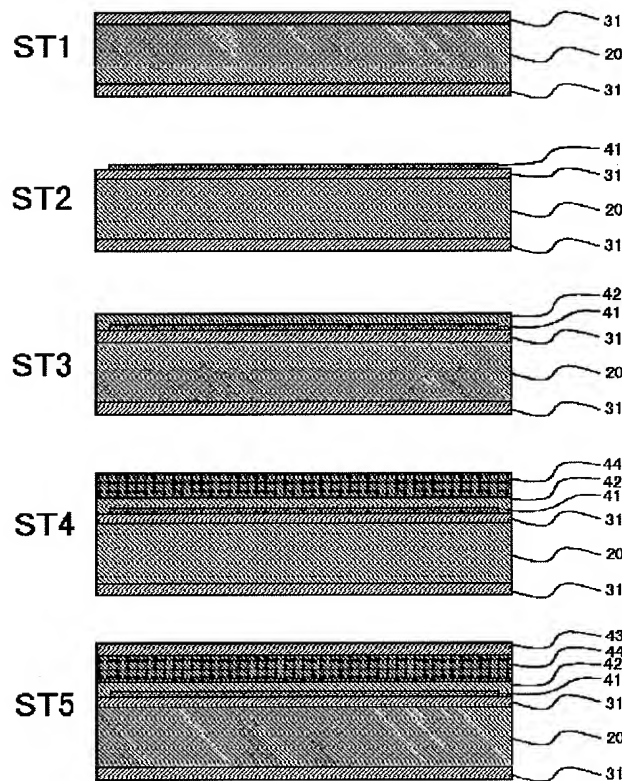
【図1】



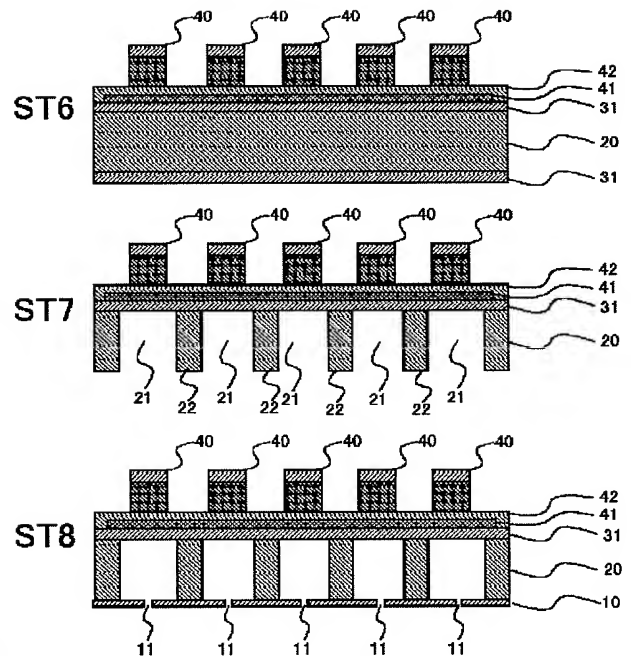
【図2】



【図3】

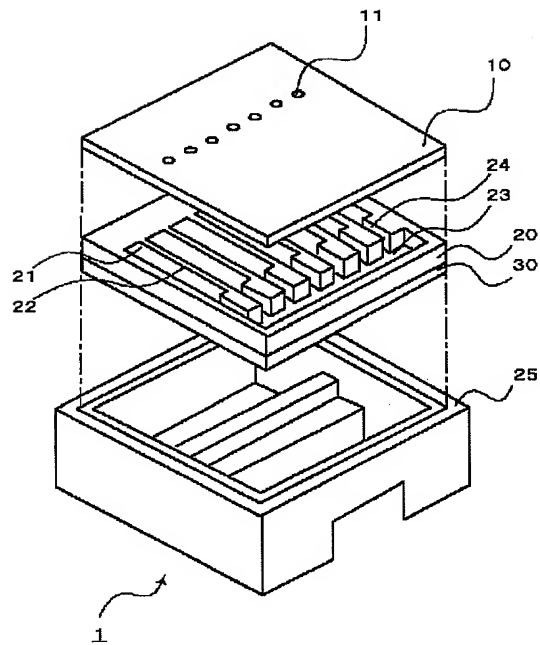


【図4】

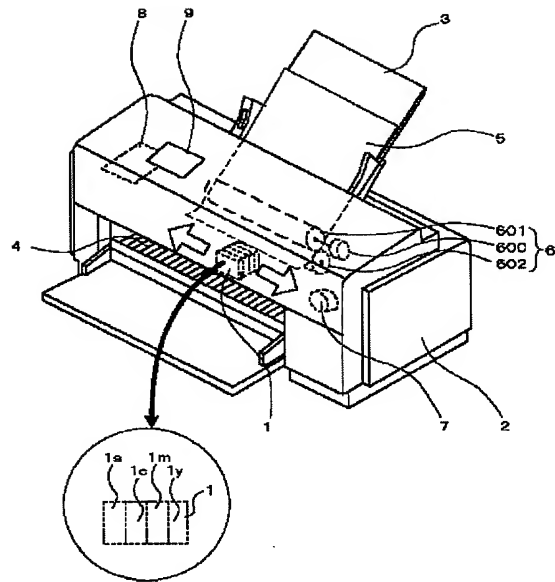




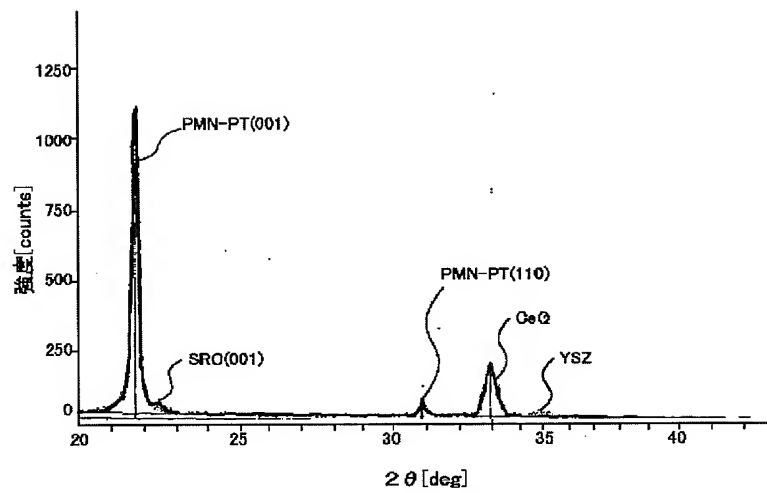
【図5】



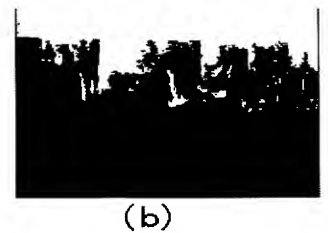
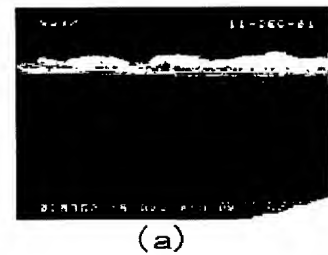
【図6】



【図7】



【図8】



上部電極(Ir)  
 圧電体層  
 (PMN-PT)  
 下部電極(SRO)

【図9】

